

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
21. März 2002 (21.03.2002)

PCT

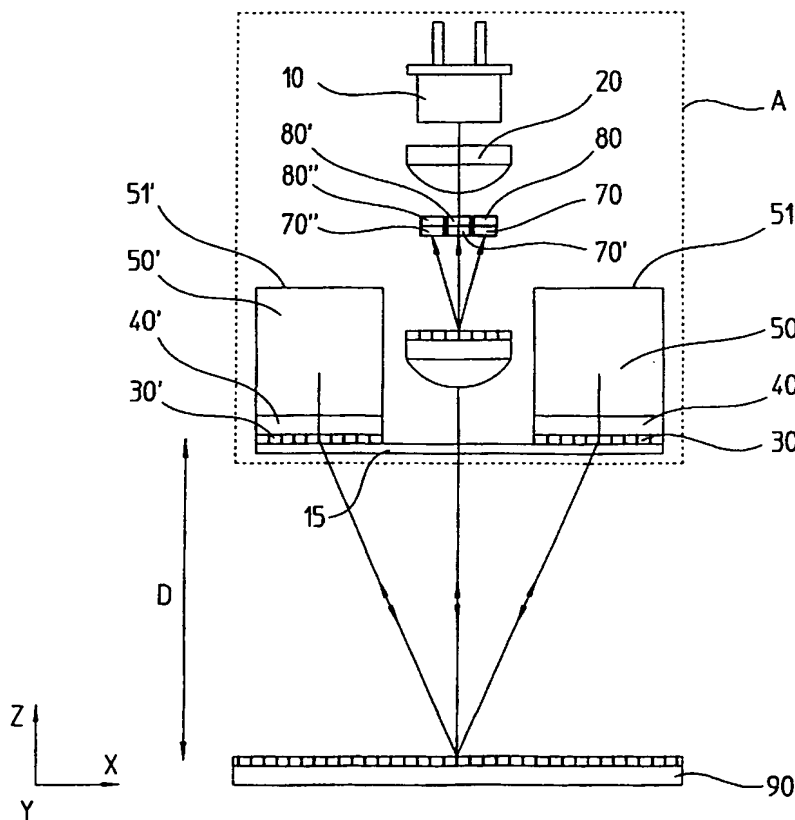
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 02/23131 A1**

- (51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **G01D 5/38**, 5/347, G03F 9/00
- (21) Internationales Aktenzeichen: **PCT/EP01/10373**
- (22) Internationales Anmeldedatum:  
8. September 2001 (08.09.2001)
- (25) Einreichungssprache: **Deutsch**
- (26) Veröffentlichungssprache: **Deutsch**
- (30) Angaben zur Priorität:  
100 45 846.7 14. September 2000 (14.09.2000) **DE**
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **DR. JOHANNES HEIDENHAIN GMBH** [DE/DE]; Postfach 12 60, 83292 Traunreut (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **HOLZAPFEL, Wolfgang** [DE/DE]; Grottenweg 2, 83119 Obing (DE). **SCHREIBER, Andreas** [DE/DE]; Neudorfer Strasse 34, 63607 Wächtersbach (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (national): **CN, JP, US.**
- (84) Bestimmungsstaaten (regional): **europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).**

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: **POSITION MEASURING DEVICE**

(54) Bezeichnung: **POSITIONSMESSEINRICHTUNG**



(57) Abstract: The invention relates to a position measuring device for detecting the relative position of a scanning unit, and to a scale which can be displaced in at least one measuring direction to this end. Said scanning unit comprises at least one scanning grating, at least one deviating element and a plurality of optoelectronic detector elements. At least one ridge prism is arranged in the scanning unit as a deviating element, the ridge thereof being oriented parallel to the measuring direction and acting as a retro-reflector in a direction which is perpendicularly oriented in relation to the measuring direction in the plane of the scale.

(57) Zusammenfassung: Es wird eine Positionsmesseinrichtung zur Erfassung der Relativposition einer Abtasteinheit und einem hierzu in mindestens einer Messrichtung verschiebbaren Maßstab angegeben. Die Abtasteinheit umfasst mindestens ein Abtastgitter, mindestens ein Umlenkelement, sowie mehrere optoelektronische Detektorelemente. Als Umlenkelement ist mindestens ein Dachkantprisma in der Abtasteinheit angeordnet, dessen Dachkante parallel zur Messrichtung orientiert ist und das in einer Richtung als Retro-Reflektor

wirkt, die in der Ebene des Maßstabes senkrecht zur Messrichtung ausgerichtet ist.

WO 02/23131 A1



**Veröffentlicht:**

- mit internationalem Recherchenbericht
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

### Positionsmesseinrichtung

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Positionsmesseinrichtung nach dem Oberbegriff des Anspruches 1.

Bei der Chip-Herstellung durch Wafer-Stepper müssen Maske und Substrat extrem genau positioniert werden. Zu diesem Zweck ist es bekannt, Positionsänderungen des Maskentisches mit Laserinterferometern zu erfassen. Nachteilig ist dabei der Einfluss der Luftunruhe, was letztlich zu Positionsrauschen und Problemen bei der Reproduzierbarkeit führt. Um Effekte der 5 Temperatúrausdehnung gering zu halten wäre die Messung der Lage des Substrat- oder Maskentisches direkt und relativ zum optischen Abbildungssystem günstig. Die Montage von Laserinterferometern direkt an der Abbildungsoptik des Wafer-Steppers ist durch räumliche Begrenzung und wegen 10 der thermischen Dissipation jedoch oft nicht möglich und nicht gewünscht, so dass alle Laserinterferometer Teile auf einem speziellen Rahmen aus Invar oder Zerodur befestigt sein müssen. Erheblich Probleme bereiten auch das Wechseln der Laser und die Nachjustage der Laserinterferometer. Ein weiterer Nachteil sind die hohen Kosten für die 6 bis 10 benötigten Interferometerachsen. 15

Anstelle der aufwändigen und teuren Interferometertechnik sind zur Bestimmung von Positionsänderungen in x- und y-Richtung Positionsmesseinrichtungen in Form von Gittermesssystemen denkbar, die mittels eines optischen Messprinzips einen Gittermaßstab abtasten und höhere Reproduzierbarkeiten liefern. Ein solches System ist z.B. in der Veröffentlichung „Maßarbeit – Nanometergenaue Positionsmessung in allen Freiheitsgraden“, Y.-B. P. Kwan et al, F & M Jahrg. 108 (2000) 9, S. 60 – 64 beschrieben und besteht aus einem oder zwei Kreuzgitterteilungen und einem oder mehreren 20 Abtastköpfen, die Bewegungen in x- und y-Richtung erfassen. Die Kreuzgitterteilungen sind dabei direkt auf den Maskenhalter aufgebracht. 25

Um den besonders hohen Anforderungen an die Positionièrgenauigkeit und Reproduzierbarkeit in derartigen Anwendungen zu genügen, sind Positionsmesseinrichtungen mit sehr kleinen Signalperioden ( $\leq 500\text{nm}$ ) und vielen Interpolationsschritten notwendig. Gleichzeitig muss berücksichtigt werden, dass beim Ausrichten der Maske zur Schärfenebene des Objektivs Drehungen des Maskenhalters um alle drei Raumrichtungen auftreten, so dass die Positionsmesseinrichtung Dreh-Toleranzen von etwa  $\pm 3$  bis  $\pm 5\text{mrad}$  bezüglich aller drei Raumrichtungen aufweisen muss. Zusätzlich soll die Positionsmesseinrichtung einen großen Abtastabstand von ca.  $5\text{mm}$ - $20\text{mm}$  besitzen und eine vergleichsweise hohen Abstandstoleranz von  $\pm 1\text{mm}$  aufweisen.

Aus der EP 0 387 520 B1 der Anmelderin ist eine Positionsmesseinrichtung bekannt, über die bei gewählten Teilungsperioden bzw. Gitterkonstanten von  $512\text{nm}$  Signalperioden von  $128\text{nm}$  resultieren. Damit lassen sich Positioniergenauigkeiten im Subnanometerbereich erzielen. Verdrehungen des Maßstabs um die Normalenrichtung, nachfolgend Moiré-Drehung genannt, führen jedoch bei solch kleinen Gitterkonstanten in den am Maßstab abgelenkten Strahlen zu entgegengesetzten Richtungskomponenten entlang der Strichrichtung der Gitterteilung. Dadurch sind die Phasenflächen der interferierenden Signalstrahlen zueinander verkippt, was zu Interferenzstreifen und einem damit einher gehenden starken Signalabfall führen würde. Um dieses Problem zu lösen, wird ein Tripel-Prisma als Retro-Reflektor verwendet, das die Richtungskomponenten entlang der Strichrichtung der Gitterteilung invertiert und so die Teilung auf sich selbst abbildet. Die Kompensation der durch Moiré-Drehung hervorgerufenen Richtungskomponenten wird nachfolgend Moiré-Kompensation genannt. Ein Nachteil dieses Abtasprinzipes ist der in Strichrichtung, also quer zur Messrichtung, geneigte Strahlengang. Dies bewirkt, dass Abstandsänderungen zwischen Abtasteinheit und Maßstab nicht vernachlässigt werden können und zu einer Veränderung in der angezeigten Position bei gleichzeitiger Moiré-Drehung führen. Außerdem sind durch den genigten Anbau der Abtasteinheit keine großen Abstandstoleranzen erreichbar. Ein weiteres Problem ist, dass der sog. neutrale Drehpunkt nicht auf der Maßstaboberfläche liegt, sondern im Abtastgitter.

\* Per Definition versteht man unter dem neutralen Drehpunkt denjenigen Punkt, um den die Abtasteinheit in Messrichtung gekippt - nachfolgend wird von Nick-Kippung gesprochen - werden kann, ohne dass sich dabei die angezeigte Position verändert. Liegt der neutrale Drehpunkt nicht auf der Maßstaboberfläche, so führen Kippungen des Maßstabs zu großen Verschiebungen der angezeigten Position, die mit Hilfe von aufwendigen Korrekturverfahren wieder eliminiert werden müssen.

Die hohen Voraussetzungen bei der Positionierung des Maskentisches erfordern also eine Positionsmesseinrichtung, bei der einerseits der neutrale Drehpunkt auf der Maßstabteilung liegt und zusätzlich Moiré-Drehungen kompensiert werden. Darüber hinaus soll der Maßstab senkrecht beleuchtet werden, um eine hohe Symmetrie zu gewährleisten, was zum einen große Abstandstoleranzen zulässt, zum anderen Probleme bei der Positionsbestimmung für den Fall einer Abstandsänderung und einer gleichzeitigen Moiré-Drehung der Abtasteinheit vermeidet.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es somit, eine hochauflösende, verkippungsunempfindliche Positionsmesseinrichtung anzugeben, die in einem großen Abtastabstandsbereich zuverlässig arbeitet und zudem Fehlmessungen im Fall einer Moiré-Drehung des Abtastkopfes vermeidet.

Diese Aufgabe wird gelöst durch eine Positionsmesseinrichtung mit den Merkmalen im kennzeichnenden Teil des Anspruches 1.

Vorteilhafte Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Vorrichtung ergeben sich aus den Maßnahmen, die in den abhängigen Patentansprüchen aufgeführt sind.

Die erfindungsgemäßen Maßnahmen gewährleisten nunmehr, dass die oben erwähnten Probleme in einer entsprechend aufgebauten Positionsmesseinrichtung nicht mehr auftreten. Insbesondere ist u.a. die erwünschte Nick-Unempfindlichkeit sowie die erwünschte Moirédrehungs-Unempfindlichkeit sichergestellt.

Realisierbar sind auf Grundlage der erfindungsgemäßen Überlegungen hierbei verschiedenste Ausführungsformen.

Weitere Vorteile und Einzelheiten der erfindungsgemäßen Positionsmesseinrichtung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung mehrerer Ausführungsbeispiele anhand der beiliegenden Figuren.

Dabei zeigt

- |    |              |  |
|----|--------------|--|
| 10 | Figur 1      | den Strahlengang einer ersten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Positionsmesseinrichtung in aufgefalteter Darstellung;   |
| 15 | Figur 2a, 2b | je eine Front- und Seitenansicht des ersten Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Positionsmesseinrichtung, basierend auf dem Strahlengang gemäß Figur 1;                             |
| 20 | Figur 3      | eine Darstellung zur Erläuterung der Änderungen im Strahlengang im Fall einer eventuellen Nick-Kippung;  |
| 25 | Figur 4      | den Strahlengang einer zweiten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Positionsmesseinrichtung in aufgefalteter Darstellung;  |
| 30 | Figur 5a, 5b | je eine Front- und Seitenansicht eines Ausführungsbeispiels des zweiten Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Positionsmesseinrichtung, basierend auf dem Strahlengang gemäß Figur 4. |

Abbildung 1 zeigt den Strahlengang einer ersten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Positionsmesseinrichtung in aufgefalteter Darstellung. In

diesem Beispiel handelt es sich um einen 4-Gitter-Geber bei dem alle Gitter bzw. Teilungen dieselbe Gitterkonstante bzw. Teilungsperiode besitzen.

Das Maßstabgitter 1 wird senkrecht mit einem kollimierten linear polarisierten Laserstrahl beleuchtet, der von einer in Figur 1 nicht dargestellten Lichtquelle emittiert wird. Die Teilung verläuft entlang der x-Richtung. Die durch Beugung am Maßstabgitter 1 hervorgehenden Lichtbündel propagieren zum ersten Abtastgitter 2, welches im Abstand D zum Maßstabgitter angeordnet ist. Von Bedeutung sind hierbei die +/- ersten Beugungsordnungen.

10 Durch Beugung am ersten Abtastgitter 2, werden die beiden Strahlenbündel gerade gerichtet und propagieren zum zweiten Abtastgitter 3. Dabei durchquert jedes der beiden Strahlenbündel zwei polarisationsoptische Verzögerungselemente, ausgebildet als  $\lambda/8$ -Plättchen 5, 5' bzw.  $5'', 5'''$ , welche jeweils einem Abtastgitter 2, 3 zugeordnet sind. Alternativ hierzu könnte auch

15 je ein  $\lambda/4$ -Plättchen anstelle von zwei  $\lambda/8$ -Plättchen verwendet werden. Dadurch entsteht ein links- und ein rechtszirkular polarisiertes Strahlenbündel. Am zweiten Abtastgitter 3 werden die Strahlenbündel in +/- erste Beugungsordnungen abgelenkt und propagieren zum Maßstabgitter 4, wo sie sich in einem Punkt überlagern. Durch Beugung am Maßstabgitter 4 werden die

20 interferierenden Strahlenbündel in die gleiche Richtung senkrecht zum Maßstabgitter 4 zurückgelenkt. Durch die Überlagerung der beiden zirkularpolarisierten Lichtbündel, deren Phasenverschiebung von der Maßstabsverschiebung abhängt, entsteht ein linear polarisierter Ausgangsstrahl, bei dem die Polarisationsrichtung von der Maßstabsverschiebung in Messrichtung (x-

25 Richtung) abhängt.

Ein nachfolgend positioniertes Gitter 6 spaltet das Strahlenbündel in drei Teilstrahlen auf, so dass mit einer Anordnung von drei Polarisatoren 7, 7', 7'' unterschiedlicher Orientierung und zugehörigen Photoelementen 8, 8', 8''

30 drei um jeweils  $120^\circ$  zueinander phasenverschobene Signale erzeugt werden können. Die Signalperiode entspricht einem Viertel der Gitterperiode des Maßstabgitters.

Figuren 2a und 2b zeigen ein konkretes erstes Ausführungsbeispiel des 4-Gitter-Gebers, basierend auf dem Strahlengang von Figur 1, in Front- und Seitenansicht.

- Die Beleuchtung erfolgt z.B. über eine als Laserdiode 10 ausgebildete Lichtquelle bei  $\lambda=780\text{nm}$  mit nachfolgender Kollimationsoptik 20. Die Optik der Abtasteinheit A besteht aus den Abtastgittern 30, 30', den  $\lambda/8$ -Plättchen 40, 40', den Dachkantprismen 50, 50' aus Glas, sowie Polarisatoren 70, 70', 70'' und Photoelementen 80, 80', 80'' zur Signalgewinnung.
- 10 Der Maßstab 90 oder Maßkörper, letzterer z.B. ausgebildet als Zerodur-Maskentisch, trägt eine reflektierende Phasenteilung mit der Gitterkonstanten  $d=2\mu\text{m}$ . Im Abstand  $D=15\text{mm}$  von der Maßstabteilung befinden sich zwei Dachkantprismen 50, 50', jeweils ausgebildet als  $90^\circ$ -Prismen, an deren Unterseiten, d.h. an den Seiten, die dem Maßstab 90 zugewandt sind, Ab-
- 15 tastgitter 30, 30' in Form von Transmissionsgittern mit Phasenteilung, mit der gleichen Gitterkonstanten von  $d=2\mu\text{m}$  angebracht sind. Die beiden Dachkantprismen 50, 50' und Abtastgitter 30, 30' können z.B. auf einer gemeinsamen Trägerplatte 15 befestigt werden. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel sind die beiden Dachkantprismen 50, 50' in Messrichtung x
- 20 beabstandet voneinander angeordnet.

- Alternativ zum erläuterten Ausführungsbeispiel auch ein einzelnes Dachkantprisma 50, 50' mit Abtastgitter 30, 30' mit Bohrungen oder Aussparungen zur Strahlein- und -auskopplung verwendet werden. Die Kombination
- 25 aus Dachkantprisma 50, 50' und Abtastgittern 30, 30' wird nachfolgend als auch Umlenkelement bezeichnet.

- Trifft ein von der Lichtquelle 10 emittiertes, kollimiertes Lichtbündel senkrecht und mittig zwischen der Anordnung der Dachkantprismen 50, 50' auf
- 30 den Maßstab 90, so entstehen zwei +/- erste Beugungsordnungen, die nach der ersten Reflexion zurück auf die Unterseite der Dachkant-Prismen 50, 50' gelenkt werden. Durch Beugung an den Abtastgittern 30, 30' werden die Strahlenbündel vor dem Eintritt in die Dachkant-Prismen 50, 50' und dem



nachfolgenden Durchlauf derselben gerade, d.h. senkrecht zum Maßstab 90, gerichtet. Die Dachkant-Prismen 50, 50' lenken die Teilstrahlen in z- und y-Richtung um und erzeugen dadurch einen Ortsversatz in y-Richtung. Beim Durchgang der Strahlenbündel durch die Umlenkelemente werden neben  
5 den Abtastgittern 30, 30' auch die  $\lambda/8$ -Plättchen 4,4' je zweimal durchlaufen. Aufgrund der erfindungsgemäß gewählten Orientierung des mindestens einen Dachkantprismas 50, 50' parallel zur Messrichtung x wirkt das Dachkantprisma 50, 50' in der y-Richtung als Retro-Reflektor. Diese Richtung y ist in der Ebene des Maßstabes 90 senkrecht zur Messrichtung x ausgerichtet. Nach dem Austritt aus den Dachkant-Prismen 50, 50' werden durch  
10 wiederholte Beugung am Abtastgitter 30, 30' Strahlenbündel erzeugt, die zurück zum Maßstab 90 propagieren und sich dort überlagern. Das interferierende Strahlenbündel wird durch die zweite Reflexion bzw. Beugung am Maßstab 90 in z-Richtung, d.h. in Richtung der Detektorelemente, zurück-  
15 gelenkt und trifft auf eine Anordnung aus Kollimatorlinse und Aufspaltgitter 60. Am Aufspaltgitter 60 entstehen drei Teilstrahlenbündel. Die Signalgewinnung aus diesen drei Strahlenbündeln erfolgt in bekannter Art über die Polarisatoren 70, 70', 70'', die die Teilstrahlenbündel durchlaufen, bevor sie auf die Photoelemente 80, 80', 80'' auftreffen, an denen dann phasenverschobene Signale resultieren. In Verbindung mit dem Aufspaltgitter 60 sei  
20 auf die EP 481 356 B1 der Anmelderin verwiesen.

Moiré-Drehungen des Maßstabes 90 erzeugen in erster Linie eine entgegengesetzte y-Ablenkung der beiden gebeugten Strahlenbündel beim ersten  
25 Auftreffen auf den Maßstab 90. Moiré-Drehungen werden nun durch die Kombination von Abtastgittern 30, 30' und die erfindungsgemäße Wahl und Anordnung der Dachkant-Prismen 50, 50' kompensiert, da das Dachkantprisma 50, 50' in y-Richtung wie ein Retro-Reflektor wirkt, d.h. die y-Komponenten der Strahlrichtungen der beiden Strahlenbündel invertiert. Nach der  
30 zweiten Beugung bzw. Reflexion am Maßstab 90 resultiert dann keine y-Komponente in der Strahlrichtung der beiden homologen Strahlenbündel mehr, also auch keine Winkeldifferenz. Dadurch werden unterschiedliche Austrittsrichtungen vermieden, es entsteht kein Streifensystem und kein dadurch bedingter Signalabfall.

Anhand von Figur 3 soll nunmehr die Änderung des Strahlengangs bei Nick-Kippung veranschaulicht werden. Die Senkrechte zum nicht verkippten Maßstab 90 wird im Nachfolgenden als Normalenrichtung bezeichnet. Wird der Maßstab 90 im Punkt P um einen kleinen Winkel  $\theta$  relativ zur Normalenrichtung gekippt, so ändern sich die Beugungswinkel  $\alpha$  der Teilstrahlen PA und PA' zu etwa  $\alpha-2\theta$  bzw.  $\alpha+2\theta$  bezüglich der Normalenrichtung. Das bedeutet, dass das eine Strahlenbündel unter einem größeren und das andere Strahlenbündel unter einem kleineren Winkel zum Abtastgitter propagiert als dies bei nicht gekippten Maßstab 90 der Fall wäre. Das Abtastgitter ist nun nicht in der Lage die Strahlenbündel gerade zu richten. Es resultieren Winkel von  $+2\theta$  und  $-2\theta$ , die sich beim Eintritt in das Dachkant-Prisma entsprechend der Brechung ändern. Die Strahlenbündel werden deshalb bei ihrem Weg durch das Prisma ABC bzw. A'B'C' um die gleiche Strecke  $AC=A'C'$  in Messrichtung versetzt.

Durch die erneute Beugung am Abtastgitter ergeben sich für die Strahlen CQ und C'Q etwa die Winkel  $\alpha+2\theta$  und  $\alpha-2\theta$  bezüglich der Normalenrichtung. Dabei stimmen die Winkel von PA und C'Q bzw. von CQ und PA' jeweils überein. Die Vereinigung der beiden Strahlenbündel erfolgt im Punkt Q. Insgesamt hat jedes Strahlenbündel ein flacheres und ein steileres Teilstück zurückzulegen. Bei genauerer Betrachtung kann man feststellen, daß keine Phasendifferenzen bei der Propagation beider Strahlenbündel auftreten. Insbesondere ist auch die Austrittsrichtung beider Strahlenbündel bezüglich der Normalenrichtung gleich und es entstehen keine Interferenzstreifen, die mit einem Signalabfall verbunden wären. So resultiert keine Phasenverschiebung der interferierenden Lichtbündel aufgrund von Nick-Kippungen, so dass die ursprüngliche gemessene Position bei Nick-Kippung erhalten bleibt. Der neutrale Drehpunkt liegt damit wie gewünscht auf der Maßstabsoberfläche.

Figur 4 zeigt den prinzipiellen Strahlengang einer zweiten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Positionsmesseinrichtung, das nunmehr auf dem Abtastprinzip eines 3-Gitter-Gebers basiert.

Die zunächst auf den Maßstab 1000 auftreffenden Strahlen werden wiederum gebeugt und durchqueren anschließend die Verzögerungsplättchen 5000, 5000'. Im Gegensatz zum vorher erläuterten 4-Gittergeber werden die Strahlen durch das Abtastgitter 2000, welches jetzt die halbe Gitterperiode in Bezug auf die Maßstabgitterperiode besitzt, nicht gerade gerichtet, sondern durch Littrow-Beugung in x-Richtung umgelenkt. Sie durchqueren anschließend die Verzögerungsplättchen 5000", 5000''' und vereinigen sich schließlich auf dem Maßstab 3000, wo die beiden interferierenden Strahlenbündel durch Beugung senkrecht zum Maßstab 3000 ausgerichtet werden. Die nachfolgende Verarbeitung der interferierenden Strahlenbündel ist identisch zum oben erläuterten Beispiel.

Figuren 5a und 5b zeigen wiederum ein konkretes zweites Ausführungsbeispiel des 3-Gitter-Gebers, basierend auf dem Strahlengang von Figur 4, in Front- und Seitenansicht.

Der wesentliche Unterschied zu ersten Variante besteht darin, dass die Abtastgitter 1000, 1000' sich nun nicht mehr an der Unterseite der Dachkantprismen 500, 500' befinden. Vielmehr müssen sie senkrecht zur Unterseite angebracht werden, so dass sie zwischen Prismenspitze und Prismenunterseite stehen. Dies kann z.B. dadurch realisiert werden, dass zwei Prismenteile 500a, 500b auf das Abtastgitter 1000, 1000' aufgekittet werden. Alternativ könnte anstelle von Dachkant-Prismen auch Dachkantspiegel verwendet werden.

Der Vorteil dieses System liegt darin, dass die Richtungsumlenkung in Messrichtung mit nur einem Abtastgitter 1000, 1000' erfolgen kann, sofern die Littrow-Bedingung (Gitterkonstante des Abtastgitters = halbe Gitterkonstante des Maßstabs) eingehalten wird. Dadurch geht weniger Licht durch Beugung in nicht genutzte Beugungsordnungen verloren als dies bei dem vorher beschriebenen Abtastsystem mit zwei Abtastgittern der Fall ist.

Ansonsten entsprechen die Funktionen der dargestellten Elemente denjenigen des vorhergehenden Beispiels. So ist wiederum den Abtastgittern

1000, 1000' jeweils ein polarisationsoptisch s Verzögerungselement 400, 400' zugeordnet. Grundsätzlich könnte anstelle der Anordnung von zwei in Messrichtung x beabstandeten Dachkantprismen 500, 500' auf einer gemeinsamen Trägerplatte 150 auch wiederum ein einzelnes Dachkantprisma  
5 verwendet werden, das die entsprechende Länge besitzt.

Hinsichtlich des Abtaststrahlenganges ist wiederum vorgesehen, dass die von der Lichtquelle 100 emittierten Strahlenbündel zunächst auf den Maßstab 900 auftreffen und von dort eine erste Reflexion und Beugung in Richtung des mindestens einen Dachkantprismas 500, 500' erfolgt. Über das  
10 Dachkantprisma 500, 500' erfolgt eine Rückreflexion in Richtung des Maßstabes 900, ehe eine zweite Reflexion der Strahlenbündel vom Maßstab 900 in Richtung der Detektorelemente 800, 800', 800'' resultiert. Aufgrund der unterschiedlichen Ausgestaltung des bzw. der Dachkantprismen 500, 500'  
15 durchlaufen nach der ersten Reflexion auf dem Maßstab 900 die Strahlenbündel im Dachkantprisma 500, 500' das Abtastgitter 1000, 1000' jeweils nur einmal.

Die beiden erläuterten Ausführungsbeispiele können in den nachfolgend erläuterten Punkten einfach modifiziert werden.  
20

So können etwa verschiedene Lichtquellen eingesetzt werden. Da keine Gangunterschiede auftreten und die beiden interferierenden Strahlenbündel am gleichen Ort vereinigt werden, können auch zeitlich und/oder räumlich  
25 teil- bzw. inkohärente Lichtquellen verwendet werden. Dazu gehören neben mono- oder multimodigen Streifenleiter-Halbleiterlasern auch VCSELs, wobei auch transversal multimodige Typen eingesetzt werden können. Aber selbst LEDs lassen sich verwenden.

30 Um Probleme mit Dissipationsverlusten zu vermeiden kann die Lichtquelle von der Abtasteinheit getrennt und über eine Lichtleitfaser mit diesem verbunden werden. Wird die Signalgewinnung über die Auswertung von Polarisationszuständen realisiert sind polarisationserhaltende Fasern zu verwenden.

- Das Umlenkelement kann desweiteren durch eine Kombination aus Zylinderlinse und Spiegel ersetzt werden. Dabei kann die Zylinderlinse auch als Fresnelzylinderlinse oder Fresnelzylinderzonenplatte ausgeführt werden.
- 5 Die Dachkantprismen können ferner durch Dachkantspiegel ersetzt werden, d.h. durch eine Anordnung von zwei Spiegelflächen, die unter einem  $90^\circ$ -Winkel zueinander angeordnet sind. Alternativ wäre auch der Einsatz von einfachen Kunststoffprismen möglich.
- 10 Zur Signalerzeugung kann anstelle der Polarisatoren vor den Photoelementen eine in der Interferometrie übliche Anordnung aus polarisierenden Strahlteilern verwendet werden, bei der vier um je  $90^\circ$  phasenverschobene Signale erzeugt werden.
- 15 Anstatt das Messsignal aus dem Polarisationszustand des Laserlicht zu erzeugen ist es ebenfalls möglich die Gitterkonstanten von Maßstabgitter und Abtastgitter leicht verschieden zu wählen. Auf diese Weise entsteht durch die Interferenz der beiden Strahlenbündel am Maßstab ein Intensitätsstreifensystem, welches hier als Vernierstreifensystem bezeichnet wird. Dieses  
20 wird auf Detektorelemente in Form eines strukturierten Photosensors in der Abtasteinheit übertragen oder abgebildet. Der strukturierte Photosensor muss dazu eine Fingerstruktur (mehrere seitlich nebeneinander angeordnete gleichgroße rechteckige Photoelemente) besitzen. Die einzelnen Photoelemente werden so verschaltet, dass drei um  $120^\circ$  oder vier um  $90^\circ$  verschoben  
25 Signalströme entstehen, wenn das Vernierstreifensystem die Photoelement überstreicht. Anstelle eines Vernierstreifensystems kann auch ein Moiréstreifensystem erzeugt werden, das entsteht, wenn die Abtastgitter ein wenig um die Normalenrichtung des Maßstabs (z-Richtung) gedreht werden.
- 30 Im Rahmen der vorliegenden Erfindung existieren somit neben den erläuterten Beispielen eine Reihe von weiteren Ausführungsmöglichkeiten.

## Ansprüche

=====

1. Positionsmesseinrichtung zur Erfassung der Relativposition einer Ab-  
tasteinheit und einem hierzu in mindestens einer Messrichtung ver-  
schiebbaren Maßstab, wobei die Abtasteinheit mindestens ein Abtast-  
gitter, mindestens ein Umlenkelement, sowie mehrere optoelektroni-  
sche Detektorelemente umfasst,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
als Umlenkelement mindestens ein Dachkantprisma (50, 50'; 500, 500')  
in der Abtasteinheit (A; A') angeordnet ist, dessen Dachkante (51, 51';  
510, 510') parallel zur Messrichtung (x) orientiert ist und das in einer  
Richtung (y) als Retro-Reflektor wirkt, die in der Ebene des Maßstabes  
(90; 900) senkrecht zur Messrichtung (x) ausgerichtet ist.
2. Positionsmesseinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,  
dass an der Seite des Dachkantprismas (50, 50'), die dem Maßstab  
(90) zugeordnet ist, das Abtastgitter (30, 30') angeordnet ist.
3. Positionsmesseinrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet,  
dass dem Abtastgitter (30, 30') ein polarisationsoptisches Verzöge-  
rungselement (40, 40') zugeordnet ist.
4. Positionsmesseinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass die Abtasteinheit (A) zwei Dachkant-  
prismen (50, 50') umfasst, die in Messrichtung (x) beabstandet vonein-  
ander angeordnet sind.
5. Positionsmesseinrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet,  
dass die beiden Dachkantprismen (50, 50') auf einer gemeinsamen  
Trägerplatte (15) angeordnet sind.

6. Positionsmesseinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die von der Lichtquelle (10) emittierten Strahlenbündel zunächst auf den Maßstab (90) auftreffen, von dort eine erste Reflexion in Richtung des mindestens einen Dachkantprismas (50, 50') erfolgt, seitens des Dachkantprismas (50, 50') eine Rückreflexion in Richtung des Maßstabes (90) erfolgt, ehe eine zweite Reflexion der Strahlenbündel vom Maßstab (90) in Richtung der Detektorelemente (80, 80', 80'') erfolgt.
7. Positionsmesseinrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass nach der ersten Reflexion auf dem Maßstab (90) die Strahlenbündel vor dem Eintritt in das Dachkantprisma (50, 50') das Abtastgitter (30, 30') ein erstes Mal durchlaufen, durch das die Strahlenbündel eine Ablenkung dergestalt erfahren, dass diese senkrecht auf den Maßstab (90) ausgerichtet sind und die Strahlenbündel das Abtastgitter (30, 30') nach dem Austritt aus dem Dachkantprisma (50, 50') ein zweites Mal durchlaufen.
8. Positionsmesseinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Abtastgitter (1000, 1000') stehend zwischen der Spitze und der Unterseite des Dachkantprismas (500, 500') angeordnet ist.
9. Positionsmesseinrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass dem Abtastgitter (1000, 1000') ein polarisationsoptisches Verzögerungselement (400, 400') zugeordnet ist.
10. Positionsmesseinrichtung nach einem der Ansprüche 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Abtasteinheit (A') zwei Dachkantprismen (500, 500') umfasst, die in Messrichtung (x) beabstandet voneinander angeordnet sind.
11. Positionsmesseinrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden Dachkantprismen (500, 500') auf einer gemeinsamen Trägerplatte (150) angeordnet sind.

12. Positionsmesseinrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die von der Lichtquelle (100) emittierten Strahlenbündel zunächst auf den Maßstab (900) auftreffen, von dort eine erste Reflexion in Richtung des mindestens einen Dachkantprismas (500, 500') erfolgt, seitens des Dachkantprismas (500, 500') eine Rückreflexion in Richtung des Maßstabes (900) erfolgt, ehe eine zweite Reflexion der Strahlenbündel vom Maßstab (900) in Richtung der Detektorelemente (800, 800', 800'') erfolgt.
13. Positionsmesseinrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass nach der ersten Reflexion auf dem Maßstab (900) die Strahlenbündel im Dachkantprisma (500, 500') das Abtastgitter (1000, 1000') einmal durchlaufen.
14. Positionsmesseinrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Dachkantprisma (500, 500') aus zwei Prismenteilen (500a, 500b) besteht, die beidseitig auf das Abtastgitter (1000, 1000') aufgekittet sind.
15. Positionsmesseinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Dachkantprisma zwei Spiegelflächen umfasst, die unter einem Dachkant-Winkel von 90° zueinander angeordnet sind.
16. Positionsmesseinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass vor den Detektorelementen ein Aufspaltgitter angeordnet ist, welches das auftreffende Strahlenbündel in mehrere Teilstrahlen aufspaltet, die wiederum Polarisatoren unterschiedlicher Orientierung durchlaufen, so dass die Detektorelemente phasenverschobene Signale erfassen.
17. Positionsmesseinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Lichtquelle getrennt von der Abtasteinheit angeordnet und mit dieser über eine Lichtleitfaser verbunden ist.



18. Positionsmesseinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Gitterkonstanten des Maßstabes und des Abtastgitters geringfügig verschieden gewählt sind und als Detektorelemente ein strukturierter Photosensor in der Abtasteinheit angeordnet ist.



FIG. 1

1/7

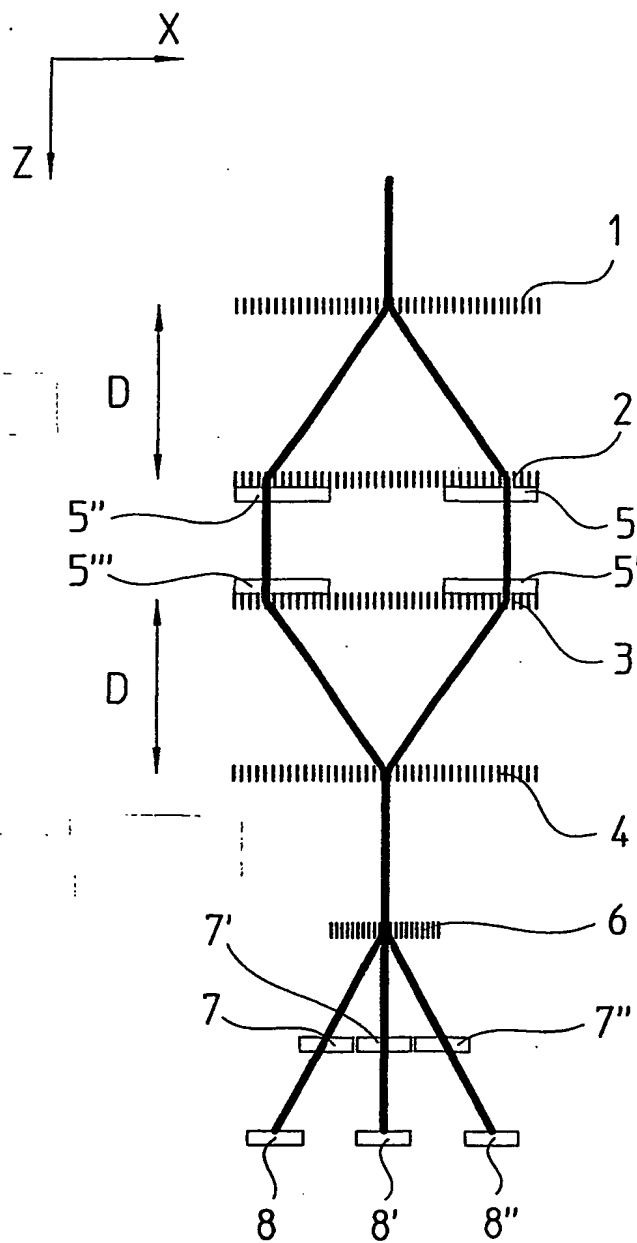




FIG. 2a

2/7

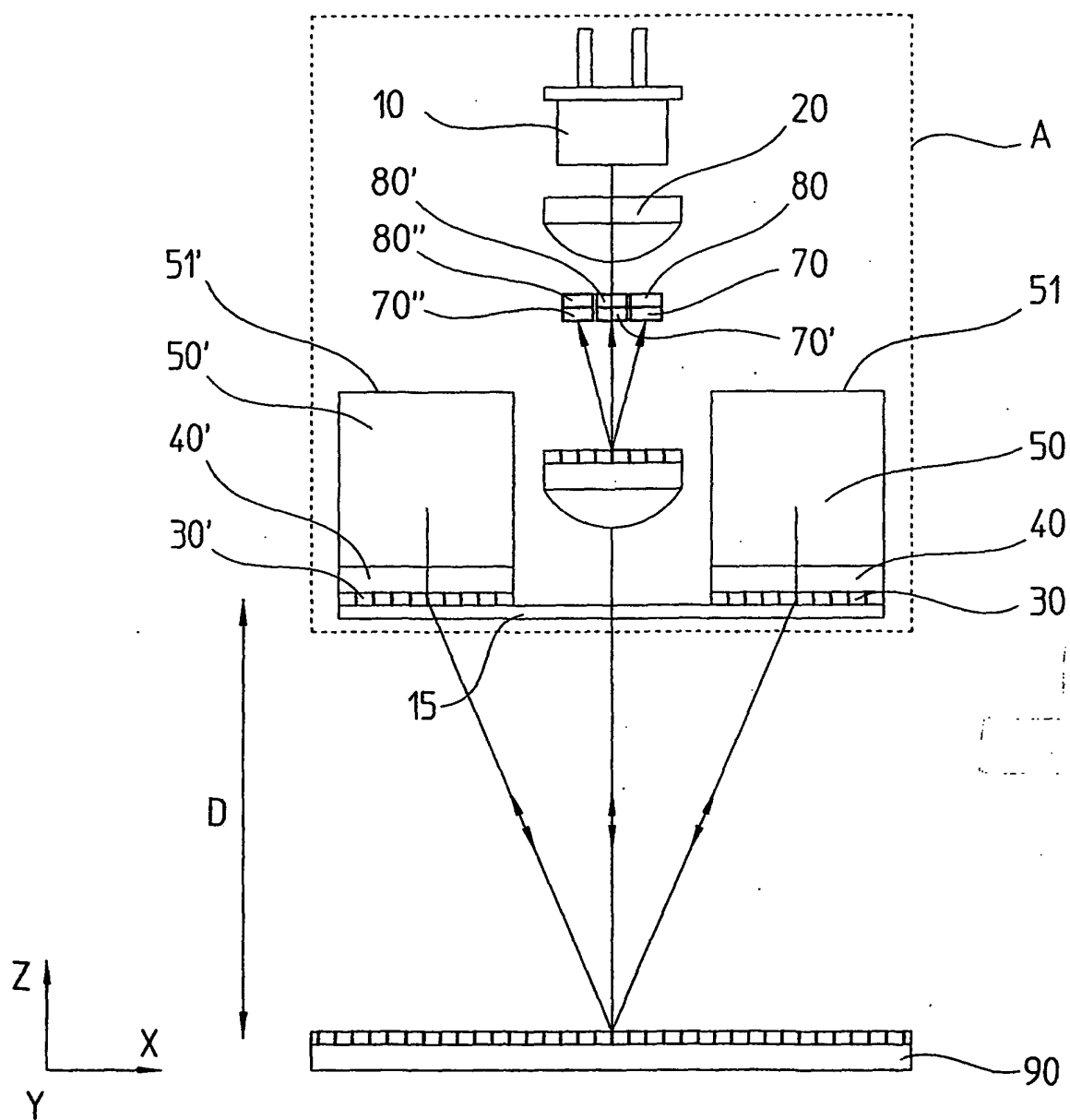




FIG. 2b

3/7

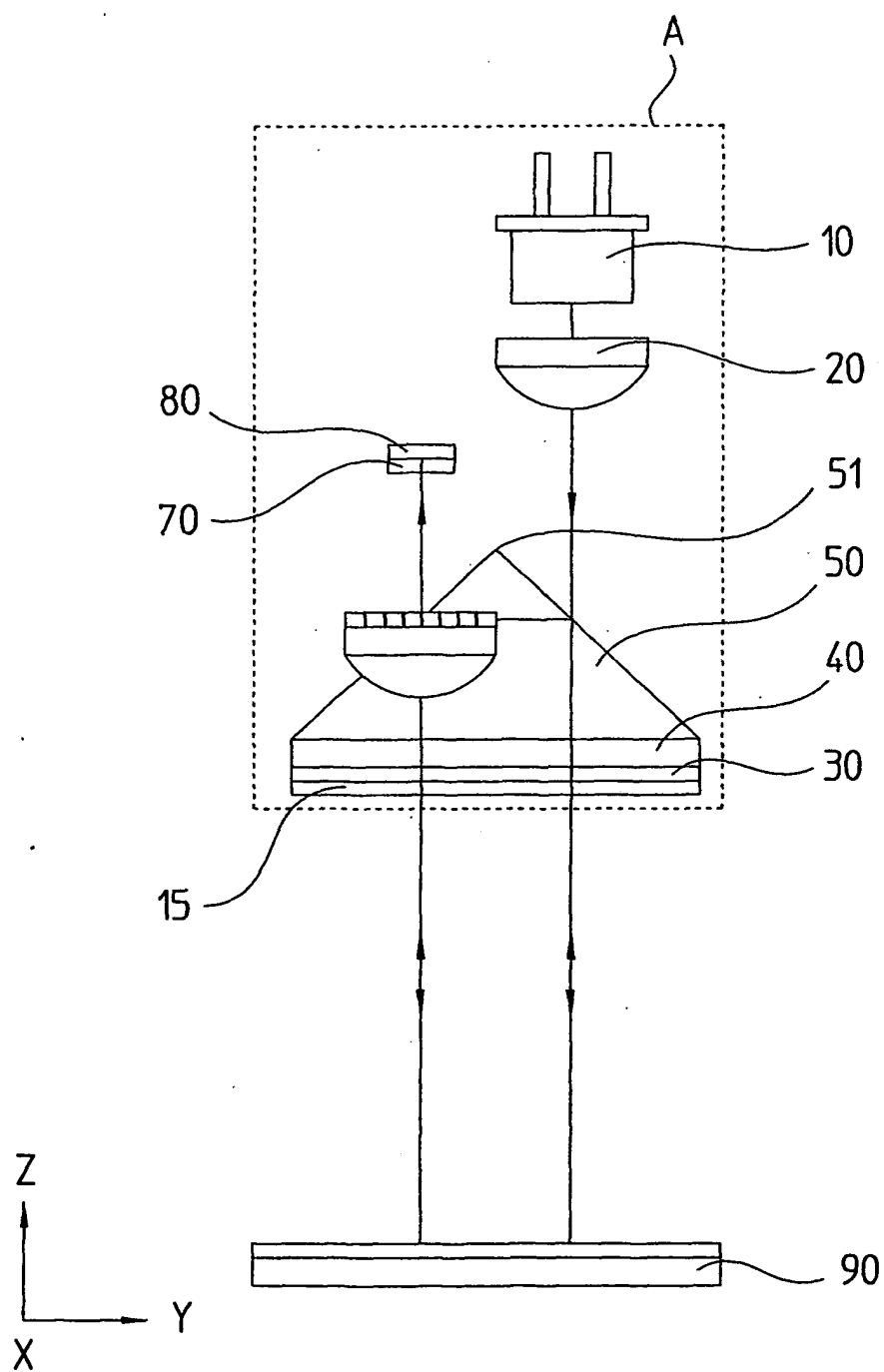






FIG. 3

4/7

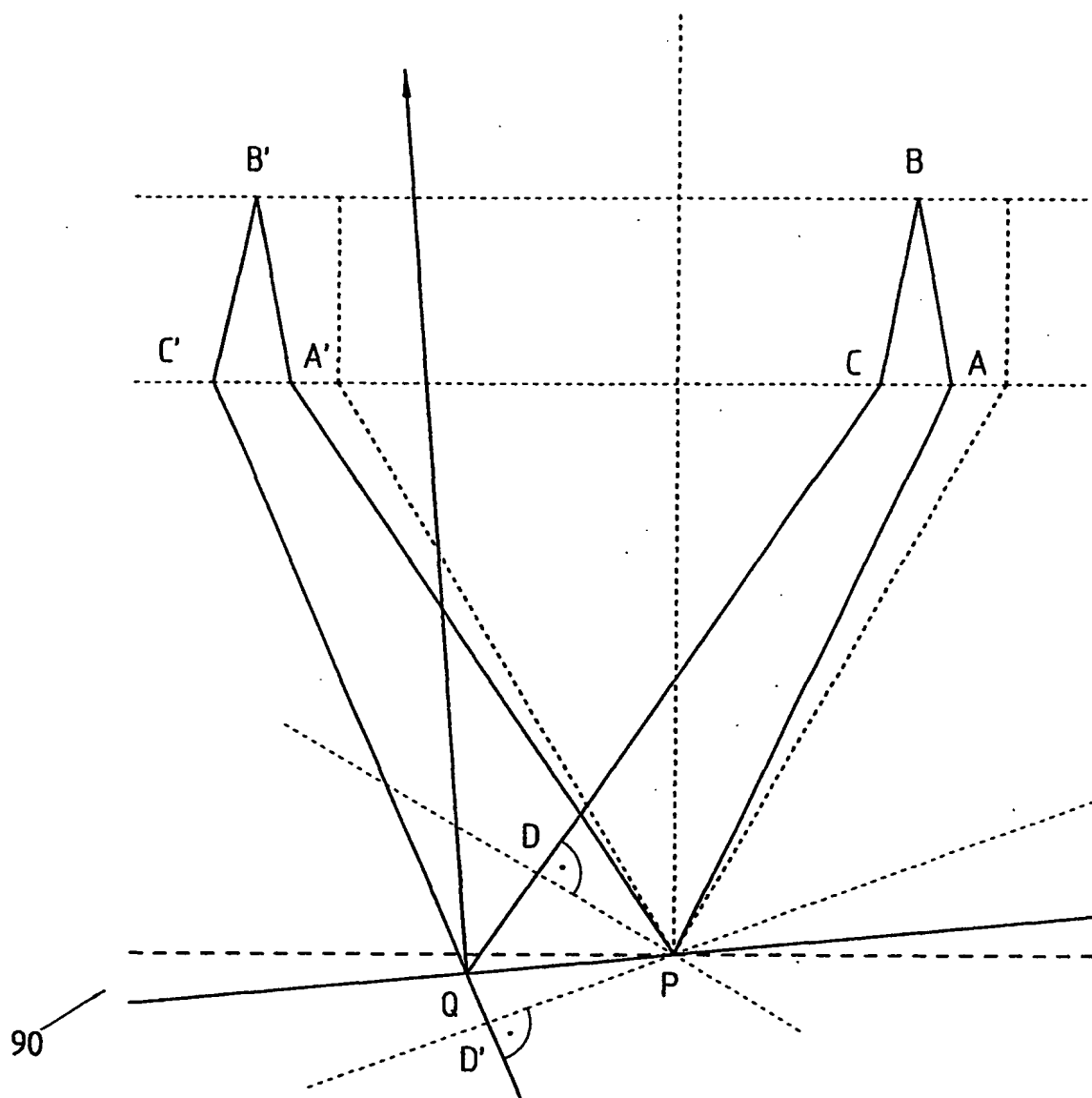




FIG. 4

5/7

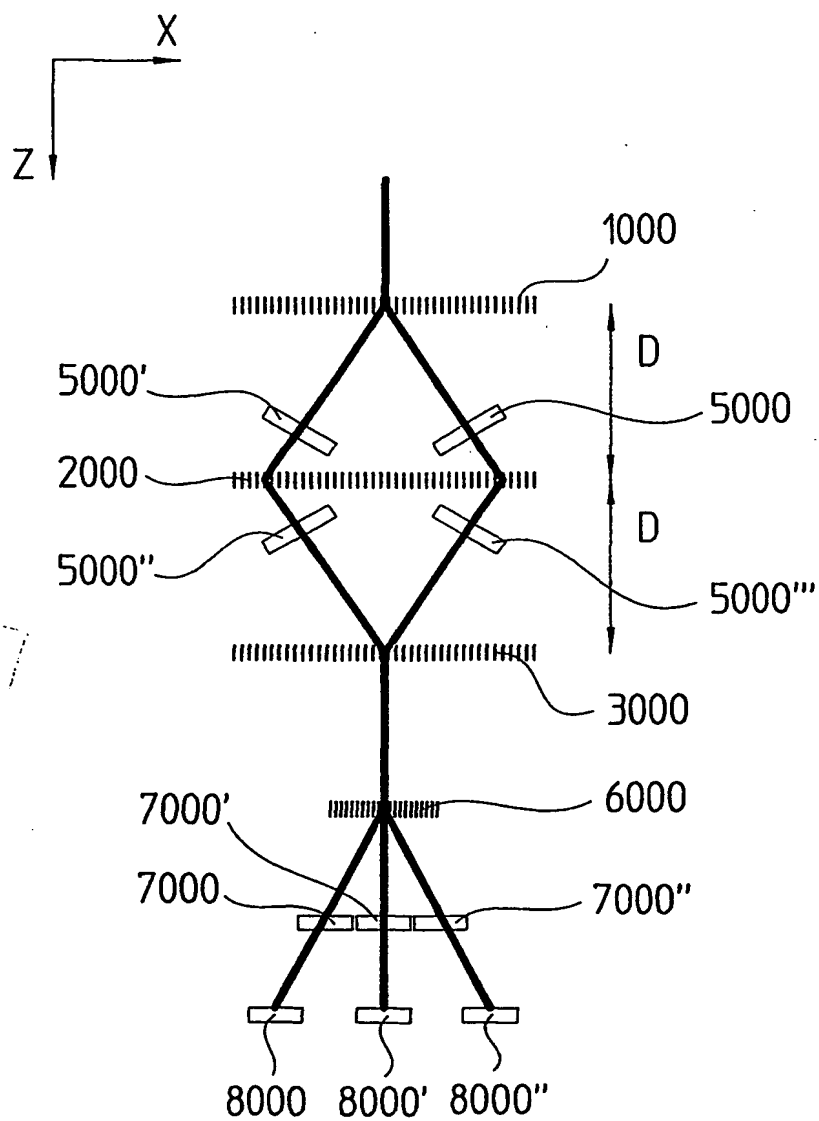




FIG. 5a

6/7

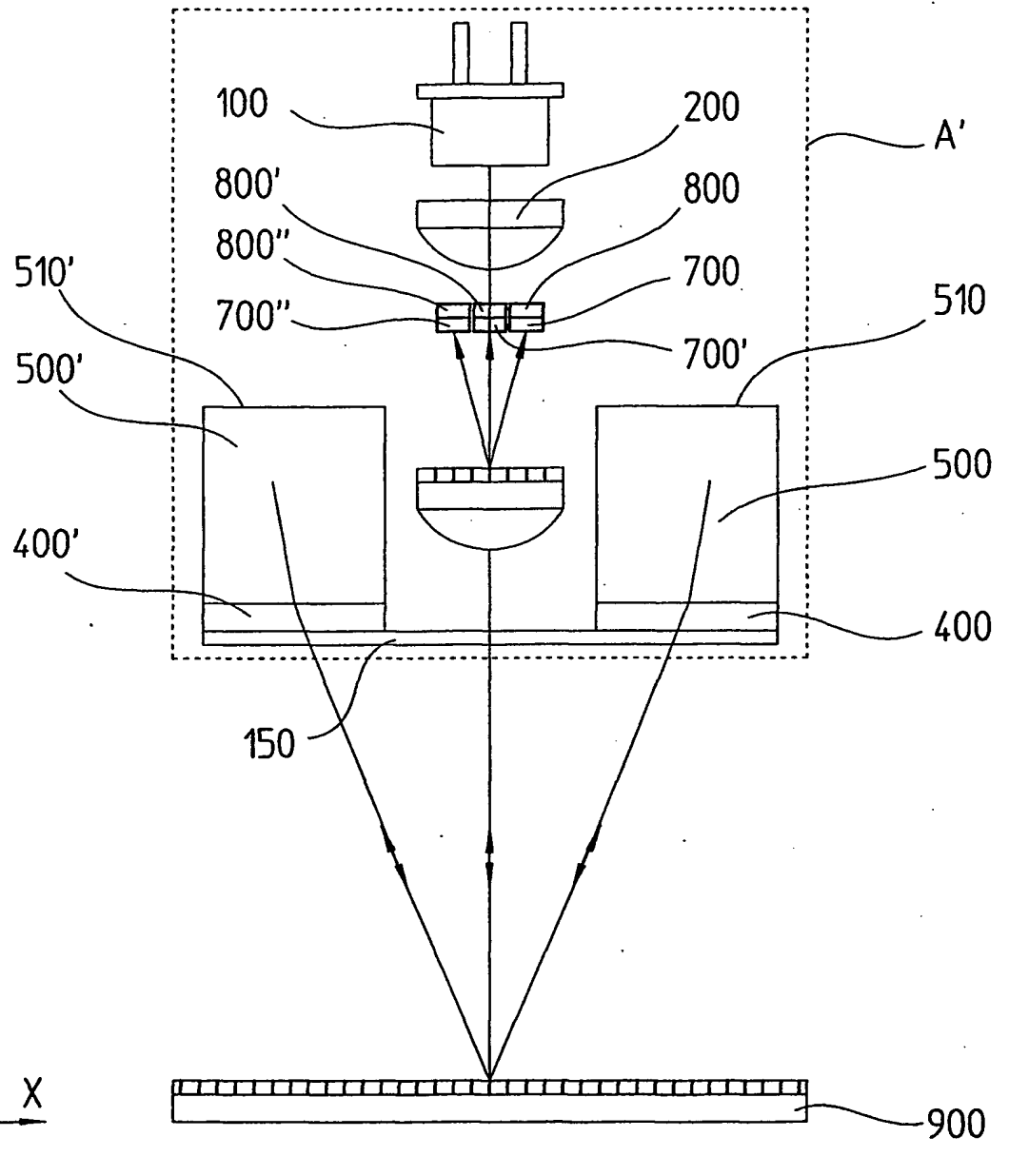
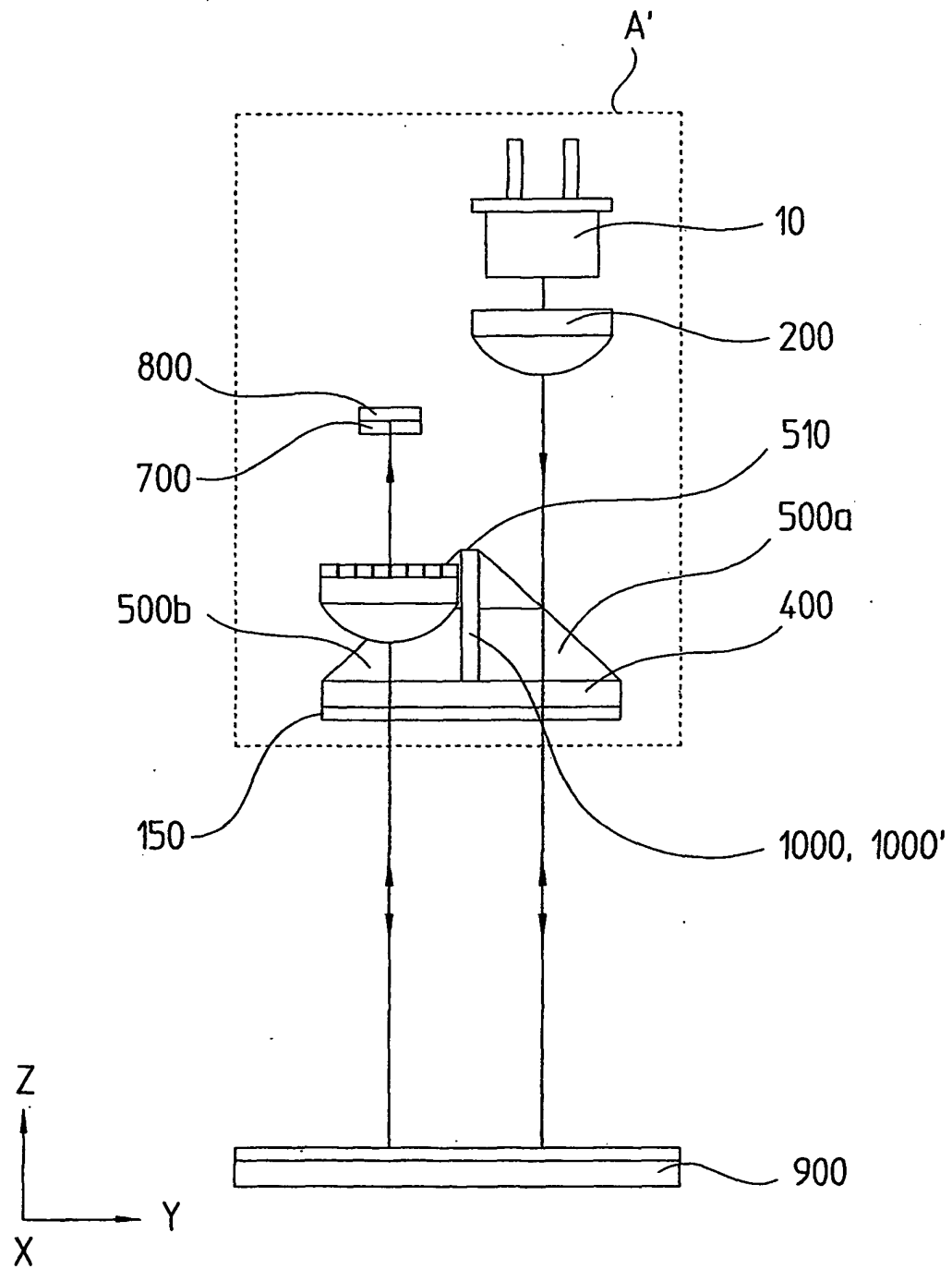




FIG. 5b

7/7







# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inte      1al Application No  
PCT7EP 01/10373

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 7    G01D5/38      G01D5/347      G03F9/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7    G01D    G03F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)  
EPO-Internal

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	FR 2 479 445 A (SORO ELECTRO OPTICS) 2 October 1981 (1981-10-02) the whole document	1
A	EP 0 387 520 A (HEIDENHAIN GMBH DR JOHANNES) 19 September 1990 (1990-09-19) cited in the application abstract	1
A	EP 0 481 356 A (HEIDENHAIN GMBH DR JOHANNES) 22 April 1992 (1992-04-22) cited in the application abstract	1

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*Z\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

17 January 2002

Date of mailing of the international search report

30/01/2002

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Arca, G

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 01/10373

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
FR 2479445	A	02-10-1981	FR 2479445 A1	02-10-1981
EP 0387520	A	19-09-1990	DE 3905730 A1	30-08-1990
			AT 89406 T	15-05-1993
			DE 8916216 U1	06-04-1995
			DE 59001395 D1	17-06-1993
			EP 0387520 A2	19-09-1990
			JP 1898148 C	23-01-1995
			JP 2266224 A	31-10-1990
			JP 6023662 B	30-03-1994
EP 0481356	A	22-04-1992	DE 4033013 A1	23-04-1992
			AT 128543 T	15-10-1995
			DE 9018079 U1	06-10-1994
			DE 59106585 D1	02-11-1995
			EP 0481356 A2	22-04-1992
			JP 5119284 A	18-05-1993
			US 5333048 A	26-07-1994

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Intern. Aktenzeichen

PCT/EP 01/10373

**A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**  
 IPK 7 G01D5/38 G01D5/347 G03F9/00

Nach der internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

**B. RECHERCHIERTE GEBIETE**

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
 IPK 7 G01D G03F

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

**C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN**

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	FR 2 479 445 A (SORO ELECTRO OPTICS) 2. Oktober 1981 (1981-10-02) das ganze Dokument	1
A	EP 0 387 520 A (HEIDENHAIN GMBH DR JOHANNES) 19. September 1990 (1990-09-19) in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung	1
A	EP 0 481 356 A (HEIDENHAIN GMBH DR JOHANNES) 22. April 1992 (1992-04-22) in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung	1

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann nahelegend ist

\*g\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

17. Januar 2002

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

30/01/2002

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde  
 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Arca, G

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichung die zur selben Patentfamilie gehören

Intern des Aktenzeichen

PCT/EP 01/10373

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
FR 2479445	A	02-10-1981	FR	2479445 A1	02-10-1981
EP 0387520	A	19-09-1990	DE	3905730 A1	30-08-1990
			AT	89406 T	15-05-1993
			DE	8916216 U1	06-04-1995
			DE	59001395 D1	17-06-1993
			EP	0387520 A2	19-09-1990
			JP	1898148 C	23-01-1995
			JP	2266224 A	31-10-1990
			JP	6023662 B	30-03-1994
EP 0481356	A	22-04-1992	DE	4033013 A1	23-04-1992
			AT	128543 T	15-10-1995
			DE	9018079 U1	06-10-1994
			DE	59106585 D1	02-11-1995
			EP	0481356 A2	22-04-1992
			JP	5119284 A	18-05-1993
			US	5333048 A	26-07-1994